



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 36 579 T2** 2007.10.31

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 078 435 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H02J 3/18** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 36 579.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/10288**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 924 179.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1999/060685**

(86) PCT-Anmeldetag: **11.05.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **25.11.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.02.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **18.07.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.10.2007**

(30) Unionspriorität:
82572 21.05.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH, DE, FR, GB, IT, LI

(73) Patentinhaber:
S & C Electric Corp., Chicago, Ill., US

(72) Erfinder:
EDWARDS, Charles Wood, Monroeville, PA 15146, US

(74) Vertreter:
Haseltine Lake Partners GbR, 80333 München

(54) Bezeichnung: **VERSORGUNGSLEITUNGSGESPEISTE PRIMÄRSEITIG VERBUNDENE VORRICHTUNG ZUR KOMPENSATIONSSPANNUNGSINJIZIERUNG IN EINE VERSORGUNGSLEITUNG UNTER VERWENDUNG EINES TRANSFORMATORS**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, die Festkörperwechselrichter zur Versorgung von Netzleitungen mit Ersatzspannung verwendet. Genauer betrifft sie eine Vorrichtung, welche eine Ersatzspannung in Reihe in eine Netzleitung einspeist, wie zum Beispiel einen Dynamic Voltage Restorer oder einen Active Power Line Conditioner. Die Wechselrichter sind an die Primärwicklungen des einzelnen Transformators angeschlossen und werden über zusätzliche Sekundärwicklungen netzbetrieben.

Hintergrundinformation

[0002] Es gibt verschiedene Vorrichtungen zur Versorgung von Netzleitungen mit Ersatzspannung, welche Wechselrichter enthalten. Eine solche Anlage ist der Dynamic Voltage Restorer (DVR), wie beschrieben im US-Patent 5 329 222. Wenn vorgelagerte Fehler zu kurzzeitigen Spannungseinbrüchen führen, speist der DVR eine Spannung in Reihe mit der Stromquelle ein, um so die fehlende Spannung zu ergänzen. Das im Patent beschriebene DVR verwendet an einem gemeinsamen Gleichstromanschluss drei einphasige Wechselrichtermodule, die über Injektionstransformatoren an die Stromversorgerleitung angeschlossen sind. Das Verfahren des gemeinsamen Gleichstromanschlusses erlaubt den Einsatz einer gemeinsamen Energiequelle zur Versorgung von drei getrennten Einspeisungssystemen, eines für jede Phase in einem dreiphasigen System. Diese gemeinsame Energiequelle kann zum Beispiel eine Kondensatorreihe sein oder ein Anschluss, über den die benötigte Leistung vom Netz bezogen wird, sogar wenn die Spannung einbricht. Die Injektionstransformatoren isolieren die Leistungselektronik vom Netz. Sie erlauben damit, dass die maximale Einspeiseleistung kleiner ist als die Quellenspannung. Man weiß, dass die große Mehrheit der Spannungseinbrüche in Versorgungssystemen weniger als 50% der Phasen-Nullleiter-Spannung ausmachen. Der DVR kann diese Spannungseinbrüche mit einer Wechselrichterleistung beheben, die geringer ist als die angeschlossene Last, die durch den DVR geschützt wird.

[0003] In der Praxis können die Wechselrichtermodule des DVR als einzelne Leistungsgeräte implementiert werden, wenn die Leistungen hoch genug sind; Reihen von Leistungsgeräten, wie sie zurzeit verwendet werden, sind beschrieben in US-Patent 5 347 166; oder in US-Patent 4 674 024 für einphasige Wechselrichtermodule. Es sind auch größere Einheiten möglich, die Magnete zur phasengestaffelten Wellenformvermischung verwenden.

[0004] Die Strukturen mit einem Injektionstransformator erlauben, wie bereits erwähnt, einen gemeinsamen Gleichstromanschluss und Energiespeicheranschluss, da der Injektionstransformator die nötige Abschirmung bietet. Dieses Verfahren erfordert drei einphasige oder einen dreiphasigen Transformator mit einem fünfarmigen Kern, da ein solcher Transformator Nullspannungskomponenten unterstützen muss.

[0005] In vielen Anwendungen ist es möglich und sogar wünschenswert, die zum Ausgleich der Spannungsabfälle benötigte Leistung von der Quelle abzuleiten. Es wird keine wesentliche Energiespeicherung zur Verfügung gestellt. Man kennt ein netzbetriebenes DVR, bei dem ein dreiphasiger Transformator mit einer an die Sekundärseite angeschlossenen Gleichrichterbrücke die Energie direkt aus dem Netz bezieht. Aufgrund dieser Anordnung beziehen nicht nur die Injektionstransformatoren sondern auch der dreiphasige Transformator Energie aus dem Netz. Wenn die Eingangsspannung abfällt, antwortet der netzbetriebene DVR, indem er mehr Strom von der Quelle zieht, um die Last mit der benötigten Leistung zu versorgen. Das Produkt aus positiver Quellenspannung und Strom bleibt konstant.

[0006] US-Patentanmeldung Nr. 09/017,034, eingereicht am 2. Februar 1998, schlägt einen sternpunkt-verbundenen DVR vor, in dem ein dreiphasiger Wechselrichter über eine Sternschaltung die Sekundärwicklungen eines dreiphasigen Lasttransformators mit dem Lastende der Netzleitung verbindet. Der Einsatz eines Injektionstransformators wird vermieden und wenn der Lasttransformator bereits im System eingebaut ist, wird kein weiterer Transformator benötigt. In einer netzbetriebenen Version des sternpunkt-verbundenen DVR wird der Wechselrichter von der Lastseite betrieben. Falls der Wechselrichter auf 50% Einspeisung optimiert sein soll, wird ein Netztransformator benötigt. Insgesamt werden also zwei Transformatoren benötigt. Die Patentanmeldung mit der Bezeichnung „Power Inverter Apparatus Using The Load Transformer Of An AC Power Line To Insert Series Compensation“ (Anwaltszeichen RDM97-037), gemeinsam gehalten mit C.G. Hochgraf, offenbart mehrere Verfahren einen Wechselrichter an die Primär- oder Quellenseite eines Transformators in einem DVR anzuschließen. Dieses System teilt einige Vorteile des sternpunkt-verbundenen DVR. Es hält die Transformatorspannung bei einem Spannungsabfall konstant, wohingegen der sternpunkt-verbundene DVR nur die Lastspannung konstant hält. In dieser Version wird in den meisten Fällen nur ein Transformator benötigt. In Ausführungen dieses Systems mit dreieckgeschalteter Primärwicklung und einem dreiphasigen Wechselrichter mit einem gemeinsamen Gleichspannungszwischenkreis zur Versorgung mit der Ersatzspannung wird zur Isolierung nur ein einphasiger Injektionstransformator

benötigt.

[0007] Eine andere Vorrichtung, die zur Versorgung mit einer Ersatzspannung eine Reiheneinspeisung mit Transformatorkopplung verwendet, ist der Active Power Line Conditioner (APLC). Der APLC enthält einen in Reihe geschalteten und einen parallel geschalteten Wechselrichter, die über einen gemeinsamen Gleichspannungszwischenkreis verbunden sind. Der parallel geschaltete Wechselrichter überträgt die Wirkleistung an den und vom in Reihe geschalteten Wechselrichter und liefert auch Oberschwingungsströme und die Blindkomponente des Laststroms. Die Reihenschaltung im APLC leidet wegen des besprochenen in Reihe geschalteten Injektionstransformators unter den gleichen Beschränkungen wie der DVR. US-Patentanmeldung Nr. 09/017,034, eingereicht am 2. Februar 1998, offenbart den Anschluss des parallel geschalteten Wechselrichters an die Lastseite der Netzleitung. Obwohl bei diesem APLC der Einsatz eines Injektionstransformators vermieden wird durch Verwendung einer Sternpunktschaltung für den in Reihe geschalteten Wechselrichter, braucht der APLC zum Anschluss des parallel geschalteten Wechselrichters einen zusätzlichen Transformator auf der Lastseite der Netzleitung, wenn das Wechselrichtersystem teilweise leistungsstufen ist.

[0008] Obzwar die verbesserten DVR und APLC die Aufstellkosten vermindern, indem die Zahl der Transformatoren kleiner ist, die man zur Reiheneinspeisung der Ersatzspannung in die Netzleitung benötigt, benötigen der APLC und der DVR, wird dieser netzbetrieben und nutzt er den Vorteil eines „partial rating“, immer noch einen eigenen, an das Netz angeschlossenen Transformator.

[0009] Daher besteht ein Bedarf an verbesserten DVR und APLC, die zur Energieversorgung über das Netz keinen eigenen oder zusätzlichen Transformator benötigen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0010] Diese und andere Bedürfnisse werden durch die Erfindung erfüllt. Sie ist zur Versorgung einer Netzleitung mit einer Ersatzspannung auf Vorrichtungen ausgerichtet, die eine Transformatoreinrichtung enthalten, die eine an das Quellende der Wechselstromnetzleitung angeschlossene Primärwicklung besitzt und mindestens zwei Sekundärwicklungen, wobei eine der Sekundärwicklungen mit dem Lastende der Netzleitung verbunden ist. Eine an die Primärwicklung angeschlossene Wechselrichtereinrichtung addiert eine Ersatzspannung zu der von der Quelle an die Primärwicklung gelieferten Eingangsspannung. Eine Gleichspannungsanpassungsschaltung, die an die zweite der Sekundärwicklungen und an die Wechselrichtereinrichtung angeschlossen ist,

versorgt die Wechselrichtereinrichtung aus dem Netz mit Gleichspannung. Bei den DVR enthält die Schaltung Gleichrichter um die Gleichspannung aus dem Netz abzuleiten. Bei den APLC sind die Gleichspannungsanpassungsschaltungen zum Austausch von Leistung mit dem Netz mit zusätzlichen Gleichrichtereinrichtungen versehen.

[0011] Obwohl die Erfindung angewendet werden kann auf Wechselstromnetzleitungen mit einer beliebigen Anzahl von Phasen, auch einer Phase, ist sie besonders geeignet für die herkömmlichen dreiphasigen Wechselstromnetzleitungen. In solchen Anwendungen ist die Wechselrichtereinrichtung ebenfalls dreiphasig und addiert eine Ersatzspannung zu jeder Phase der Primärwicklung. Die Sekundärwicklungen sind ebenfalls dreiphasige Wicklungen, einschließlich der zweiten Sekundärwicklung, die die Wechselrichtereinrichtung mit Energie versorgt. Zusätzliche dreiphasige Sekundärwicklungen, die alle untereinander und zur zweiten Sekundärwicklung phasenverschoben sind, können verwendet werden zur Versorgung der Gleichrichter mit einer höheren Pulsstromzahl zur Reduzierung der auf die Netzleitung aufgezogenen Oberschwingungen.

[0012] Die dreiphasige Primärwicklung ist im Stern geschaltet. Die Wechselrichterphasen verbinden jede der Primärwicklungen mit einem gemeinsamen Sternpunkt. Ein dreiphasiger Wechselrichter wird bevorzugt, da er die Zahl der Wechselrichterpole reduziert und durch eine gemeinsame Gleichspannungsanpassungsschaltung versorgt werden kann.

[0013] Die Erfindung ist auch auf APLC anwendbar. In diesem Fall ist die Gleichspannungsanpassungsschaltung ein weiterer Wechselrichter, der an die zweite Sekundärwicklung des Transformators angeschlossen ist. Bei einer dreiphasigen Wechselstromnetzleitung ist die Gleichrichterschalteneinrichtung ein dreiphasiger Wechselrichter und die zweite Sekundärwicklung kann entweder im Stern oder im Dreieck geschaltet sein. Wenn das Lastende der Wechselstromnetzleitung einen vierten Neutralleiter besitzt, hat die Gleichrichterschalteneinrichtung einen vierten Pol, der an den Sternpunkt der im Stern geschalteten zweiten Sekundärwicklung angeschlossen ist.

[0014] Die Erfindung ermöglicht die Reiheneinspeisung von Ersatzspannungen in eine Netzleitung unter Verwendung des Netzstroms mit nur einem Transformator, der in vielen Einrichtungen bereits als Lasttransformator vorhanden ist. Sie ermöglicht auch beim Einsatz nur eines Transformators eine höhere Pulszahl für die Gleichspannungsanpassungsschaltung, wodurch der Oberschwingungsanteil an der Quelle verringert wird.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0015] Die Erfindung wird nun an bevorzugten Ausführungsformen und Bezug auf die anliegenden Zeichnungen eingehend beschrieben. Es zeigt:

[0016] [Fig. 1](#) einen gezeichneten Schaltplan eines netzbetriebenen, auf der Primärseite angeschlossenen DVR, welcher gemäß der Erfindung einen Transformator verwendet;

[0017] [Fig. 2](#) einen gezeichneten Schaltplan einer Zwölf-Puls-Version des netzbetriebenen, auf der Primärseite angeschlossenen DVR von [Fig. 1](#);

[0018] [Fig. 3](#) einen gezeichneten Schaltplan eines netzbetriebenen, auf der Primärseite angeschlossenen APLC mit einem einzelnen Transformator für ein dreiadriges System;

[0019] [Fig. 4](#) einen gezeichneten Schaltplan ähnlich [Fig. 3](#) für ein vieradriges System.

BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0020] [Fig. 1](#) zeigt die Anwendung der Erfindung auf einen an der Primärseite angeschlossenen DVR mit einem Netzstromanschluss, der nur einen Transformator benötigt. Die dreiphasige Wechselstromnetzleitung **1** besitzt ein Quellenende **3** mit drei Quellenaußenleitern **5a-5c** und einem Lastende **7** mit dreiphasigen Leitungsdrähten **9a-9c**. Ein dreiphasiger Transformator **11** verbindet die Quellenaußenleiter **5a-5c** mit den Lastleitungsdrähten **9a-9c**. Der dreiphasige Transformator **11** hat eine dreiphasige Primärwicklung **13** mit Wicklungen **13a-13c**, die im Stern mit den Quellenaußenleitern **5a-5c** des Quellenendes **3** geschaltet sind. Der Transformator **11** besitzt eine erste dreiphasige Sekundärwicklung **15** mit Wicklungen **15ab, 15ac, 15bc**, die an die Lastleitungsdrähte **9a-9c** des Lastendes **7** angeschlossen sind. Die erste Sekundärwicklung **15** ist dreieckgeschaltet an das Lastende **7** dargestellt, kann aber ebenso im Stern geschaltet sein. Die Primärwicklung **13** und die erste Sekundärwicklung **15** sind um einen gemeinsamen Kern **17** gewickelt. Ein solcher Lasttransformator ist üblicherweise in einer Wechselstromnetzleitung vorhanden, damit zur Übertragungseffizienz Hochspannung verwendet werden kann, die dann zur Verteilung zu den Lasten auf eine niedrigere Spannung transformiert wird.

[0021] Ein DVR **19** wird eingesetzt zur Bereitstellung einer Ersatzspannung bei Spannungseinbrüchen in einer Wechselstromnetzleitung **1**. Der DVR **19** enthält eine Wechselrichteranordnung **21**, die in dieser Ausführungsform ein einzelner dreiphasiger Wechselrichter ist. Der dreiphasige Wechselrichter **21** enthält Paare von Schaltgeräten **23a₁, 23a₂-23c₁,**

23c₂, die die positiven und negativen Schienen **25, 27** eines gemeinsamen Gleichspannungszwischenkreises **29** verbinden. Für Leistungsanwendungen können die Schalter **23** ein Bipolartransistor mit isolierter Gateelektrode (engl. insulated gate bipolar transistor, IGBT) oder abschaltbare Geräte (gate turn off, GTO) sein. Im dreiphasigen Wechselrichter **21** bildet jedes Paar von Schaltgeräten einen Pol mit einem Wechselstromanschluss **31a-31c**, der mit dem gemeinsamen Ende einer entsprechenden Primärwicklung **13a-13c** des Transformators verbunden ist. Der Wechselrichter **21** hält eine leitende Verbindung für die im Stern geschalteten Primärwicklungen bereit und die Wechselspannung, die von jedem der Wechselrichterpole erzeugt wird, ist direkt in Reihe geschaltet mit der entsprechenden Primärwicklung **13a-13c**.

[0022] Die Filterung wird durch LC-Filter **35** sichergestellt, die die Wechselstromanschlüsse **31a-31c** des Wechselrichters **21** mit den gemeinsamen Enden der Primärwicklungen **13a-13c** des Transformators verbinden. Jeder dieser LC-Filter **35** enthält eine in Reihe geschaltete Spule **37a-37c** und einen Parallelkondensator **39a-39c**, die an einen gemeinsamen Knoten **41** angeschlossen sind. Der Filter kann auch dreieckgeschaltet sein. Die Schaltung der Schalter **23** im Wechselrichter **21** ist so geregelt, dass die Ersatzspannungen, die zu den Spannungen der Quelle **3** addiert werden, die Spannungseinbrüche ausgleichen.

[0023] Die Gleichstromanpassungsschaltung **29** enthält als Gleichstromglättungsvorrichtung **37** einen großen Kondensator. Die Energie für den Wechselrichter **21** wird geliefert über eine Gleichstromanpassungsschaltung **39**, die in der Ausführungsform von [Fig. 1](#) ein dreiphasiger Zweiweggleichrichter **41** ist, der auch als Sechs-Puls-Gleichrichterbrücke bekannt ist. Diese Sechs-Puls-Gleichrichterbrücke **41** ist an eine zweite dreiphasige Sekundärwicklung des Transformators **11** über Leiter **45a-45c** angeschlossen. Diese zweite Sekundärwicklung **43** ist um den gemeinsamen Transformator Kern **17** gewickelt. Obwohl beide Sekundärwicklungen **15** und **43** dreieckgeschaltet dargestellt sind, können auch andere Anordnungen verwendet werden.

[0024] Die Schaltung in [Fig. 1](#) senkt die Kosten eines netzbetriebenen DVR sehr stark. Durch die direkte Reihenschaltung der Phasen des dreiphasigen Wechselrichters **21** mit den Primärwicklungen **13a-13c** des Transformators **11** werden keine getrennten Injektionstransformatoren benötigt. Außerdem bedarf es wegen der Verwendung einer weiteren Sekundärwicklung am Transformator zur Energieversorgung des Wechselrichters **21** keines Netztransformators, der üblicherweise die Energie für den Wechselrichter aus der Wechselstromnetzleitung **1** bezieht. Da ein Lasttransformator üblicherweise bereits

an die Netzleitung angeschlossen ist, werden für den DVR keine zusätzlichen Transformatoren benötigt, wobei aber zusätzliche Sekundärwicklungen zur Verfügung gestellt werden müssen. Die Kosten hierfür sind wesentlich geringer als für einen zusätzlichen Netztransformator.

[0025] **Fig. 2** zeigt eine modifizierte Form eines netzbetriebenen, an der Primärseite angeschlossenen DVR **19'**, der eine Anpassungsschaltung **39'** mit einer Zwölf-Puls-Gleichrichtervorrichtung besitzt. In dieser Anordnung treiben zwei Sechs-Puls-Gleichrichterbrücken **41₁** und **41₂** die Gleichstromanpassungsschaltung **29** an. Die erste Sechs-Puls-Gleichrichterbrücke **41₁** wird über Leiter **45₁** von der zweiten dreiphasigen Sekundärwicklung **43** versorgt, die zweite Sechs-Puls-Gleichrichterbrücke **41₂** wird über Leiter **45₂** durch eine zusätzliche dreiphasige Sekundärwicklung **47** mit Strom versorgt. Die zweite Sekundärwicklung **43** und die zusätzliche Sekundärwicklung **47** sind untereinander phasenverschoben. Dies wird erreicht durch eine Dreieckschaltung der zweiten Sekundärwicklung **43** und eine Sternschaltung der zusätzlichen Sekundärwicklung **47**. Die Zwölf-Puls-Gleichrichtervorrichtung reduziert die Oberschwingungsströme im Gleichrichterkreis und damit die höheren Oberschwingungsströme, die zur Quelle reflektiert werden. Weitere zusätzliche Sekundärwicklungen **47** mit verschiedenen Relativphasen können zur Versorgung von zusätzlichen Sechs-Puls-Gleichrichterbrücken (nicht dargestellt) zum Transformator **11** hinzugefügt werden, um höhere Impulszahlen zu erreichen. Dies kann immer noch erreicht werden mit einem Transformator **11**, der nur einen Transformator Kern **17** enthält. Dadurch werden die Kosten minimal gehalten.

[0026] Die Erfindung kann auch angewendet werden auf APLC mit einem einzigen Transformator. Eine solche Anordnung ist in **Fig. 3** dargestellt, in der der APLC **49** einen ähnlichen dreiphasigen Gleichrichter **21** verwendet, um Ersatzspannungen in Reihe mit den Spannungen der Quelle **3** einzuspeisen. Der Unterschied liegt in der Gleichspannungsanpassungsschaltung **50**, die eine zweite Wechselrichterschaltung **51** besitzt mit Wechselrichterpolen **53a-53c**, die aus Schaltern **55a₁**, **55a₂-55c₁**, **55c₂** bestehen. Die Wechselstromanschlüsse **57a-57c** der Wechselrichterschaltung **51** sind angeschlossen an die zweite Sekundärwicklung **43** des Transformators **11** über Leiter **59**. Zusätzliche LC-Filter **61a-61c**, die in Reihe geschaltete Spulen **63a-63c** und Parallelkondensatoren **65a-65c** umfassen, sind in den Leitern **59** enthalten. Die Schalter **55a₁-55c₂** werden so geschaltet, dass sie den Austausch der Wirkleistung zwischen dem APLC und der Leitung **1** auf bekannte Weise regeln und die Last Oberschwingungen absorbieren.

[0027] **Fig. 4** zeigt gemäß der Erfindung einen

APLC **49'**, welcher eingerichtet ist zur Verwendung mit einer Netzleitung, die einen Lastnullleiter **9n** enthält. In diesem Fall enthält die Wechselrichterschaltung **51'** der Gleichstromanpassungsschaltung **50'** einen vierten neutralen Pol **53n** mit einem Wechselstromanschluss **57n**, der angeschlossen ist an den Sternpunkt der im Stern geschalteten, dreiphasigen zweiten Sekundärwicklung **43'** über einen Neutralleiter **59n**, an den die Glättungskondensatoren **65** angeschlossen sind.

[0028] Die Erfindung ermöglicht die kostengünstige Implementierung von netzbetriebenen DVR oder APLC, die nur einen dreiphasigen Transformator benötigen. Vorteile dieser Schaltkreisanordnung sind: ein dreiphasiger Transformator sorgt für die Ableitung des Netzstromes, eine Einspeisungsverbindung und eine Spannungstransformation (hoch oder runter), falls dies gewünscht wird; außerdem hält der Gleichrichter während eines Spannungseinbruchs, der weniger als oder bis zur Einspeisungskapazität ausmacht, die Transformatorspannung konstant, so als wäre der Spannungseinbruch nie vorgefallen. Es gibt keine extremen Transformatorflussabweichungen, die dazu neigen den Transformator in den Sättigungsbereich zu bringen. Wenn schließlich am Aufstellort ohnehin ein Spannungswandler benötigt wird, ergeben die gemeinsamen Kosten eines DVR oder APLC und einer Spannungsumwandlung noch geringere Gesamtkosten.

[0029] Es wurden hier spezielle Ausführungsformen der Erfindung detailliert beschrieben. Der Fachmann kann aber der allgemeinen Offenbarung der Erfindung vielfältige Abwandlungen und Ausführungsformen entnehmen. Daher geben die offenbarten Ausgestaltungen nur eine Anleitung zur Erfindung. Sie sollen den Anwendungsbereich der Erfindung nicht beschränken. Dieser ergibt sich im Übrigen aus den anliegenden Patentansprüchen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**19**, **49**) zur Bereitstellung eines Ersatzes in einer Wechselstromnetzleitung (**1**) zwischen einem Quellenende (**3**) und einem Lastende (**7**), umfassend
 eine Transformatoreinrichtung (**11**) mit einer an das Quellenende (**3**) der Wechselstromnetzleitung (**1**) angeschlossenen Primärwicklung (**13**) und mit mindestens zwei Sekundärwicklungen (**15**, **43**), wobei die erste (**15**) an das Lastende (**7**) der Wechselstromnetzleitung (**1**) angeschlossen ist;
 eine an die Primärwicklung (**13**) angeschlossene Wechselrichtereinrichtung (**21**) zum Addieren einer Ersatzspannung zu der von der Primärwicklung (**13**) erzeugten Spannung; und
 eine an die zweite der Sekundärwicklungen (**43**) und an die Wechselrichtereinrichtung (**21**) angeschlossene Gleichstromanpassungsschaltung (**29**, **39**, **50**) zur

Versorgung der Wechselrichtereinrichtung (21) mit Gleichspannung.

2. Vorrichtung (19, 49) nach Anspruch 1, eingerichtet zur Verwendung mit einer dreiphasigen Wechselstromnetzleitung (1), wobei die Transformatoreneinrichtung (11) einen dreiphasigen Transformator umfasst, die Primärwicklung (13) eine dreiphasige Primärwicklung ist, die Sekundärwicklungen (15, 43) jeweils dreiphasige Sekundärwicklungen sind und die Wechselrichtereinrichtung (21) zur Bereitstellung einer Ersatzspannung in Reihe geschaltet ist mit jeder Phase der dreiphasigen Primärwicklung.

3. Vorrichtung (19, 49) nach Anspruch 2, wobei die Wechselrichtereinrichtung (21) einen an die dreiphasige Sekundärwicklung angeschlossenen dreiphasigen Wechselrichter (13) umfasst und die Gleichstromanpassungsschaltung (29, 39, 50) umfasst eine gemeinsame Gleichstromanpassungsschaltung, die alle Phasen des dreiphasigen Wechselrichters (21) mit der gleichen Gleichspannung versorgt.

4. Vorrichtung (19, 49) nach Anspruch 3, wobei der dreiphasige Wechselrichter (21) für die Primärwicklung eine leitende Verbindung in einer Sternschaltung bereitstellt.

5. Vorrichtung (19) nach Anspruch 3, wobei die gemeinsame Gleichstromanpassungsschaltung (29, 39) eine die gemeinsame Gleichspannung erzeugende Gleichrichterbrücke (41) umfasst.

6. Vorrichtung (19) nach Anspruch 5, wobei die Gleichrichterbrücke (41) eine Sechs-Puls-Gleichrichterbrücke ist.

7. Vorrichtung (19) nach Anspruch 5, wobei der dreiphasige Wechselrichter (21) für die Primärwicklung (13) eine leitende Verbindung in einer Sternschaltung bereitstellt.

8. Vorrichtung (19') nach Anspruch 5, wobei die Transformatoreneinrichtung (11) zusätzliche dreiphasige, jeweils zur zweiten Sekundärwicklung (43) und untereinander phasenverschobene Sekundärwicklungen (47) umfasst, und die gemeinsame Gleichstromanpassungsschaltung (39') zusätzliche Gleichrichterbrücken (41₂) enthält, die jeweils an eine andere der zusätzlichen Sekundärwicklungen (47) des dreiphasigen Transformators (11) angeschlossen sind.

9. Vorrichtung (19') nach Anspruch 8, wobei der dreiphasige Wechselrichter (21) für die Primärwicklung (13) eine leitende Verbindung in einer Sternschaltung enthält.

10. Vorrichtung (49) nach Anspruch 3, wobei die

gemeinsame Gleichstromanpassungsschaltung (50) eine Wechselrichterschalteneinrichtung (51) umfasst, der an die zweite Sekundärwicklung (43), die den mit der dreiphasigen Primärwicklung (13) verbundenen dreiphasigen Wechselrichter (21) mit der gemeinsamen Gleichspannung versorgt, angeschlossen ist.

11. Vorrichtung (19') nach Anspruch 2, wobei der dreiphasige Transformator (11) umfasst zusätzliche dreiphasige jeweils zur zweiten Sekundärwicklung (43) und untereinander phasenverschobene Sekundärwicklungen (47), und die Gleichstromanpassungsschaltung (29, 39) zusätzliche Gleichrichterbrücken (41₂, 42₂) umfasst, die jeweils an eine andere der zweiten dreiphasigen Sekundärwicklung (43) und der zusätzlichen dreiphasigen Sekundärwicklungen (47) angeschlossen sind.

12. Vorrichtung (49) nach Anspruch 1, wobei die Gleichstromanpassungsschaltung (29, 50) zum Austausch der Leistung mit der Wechselstromnetzleitung (1) über die zweite Sekundärwicklung (43) eine Wechselrichterschalteneinrichtung (51) enthält.

13. Vorrichtung (49) nach Anspruch 12, eingerichtet zur Verwendung mit einer dreiphasigen Wechselstromnetzleitung (1), wobei die Transformatoreneinrichtung (11) einen dreiphasigen Transformator umfasst, die Primärwicklung (13) eine dreiphasige Primärwicklung ist, die Sekundärwicklungen (15, 43) jeweils dreiphasige Sekundärwicklungen sind, die Wechselrichtereinrichtung (21) zur Versorgung mit der Ersatzspannung mit jeder Phase der dreiphasigen Primärwicklung (13) in Reihe geschaltet ist und die Wechselrichterschalteneinrichtung (51) zum Austausch der Leistung mit der dreiphasigen Wechselstromnetzleitung (1) über die zweite dreiphasige Sekundärwicklung (43) eine dreiphasige Wechselrichterschalteneinrichtung ist.

14. Vorrichtung (49) nach Anspruch 12, wobei die Transformatoreneinrichtung (11) zusätzliche untereinander phasenverschobene Sekundärwicklungen (47) enthält, und die Gleichstromanpassungsschaltung (29, 50) zusätzliche Wechselrichterschalteneinrichtungen (51) enthält, die jeweils an eine andere der zusätzlichen Sekundärwicklungen (47) angeschlossen sind.

15. Vorrichtung (49) nach Anspruch 14, eingerichtet zur Verwendung mit einer dreiphasigen Wechselstromnetzleitung (1), wobei die Primärwicklung (13) und die Sekundärwicklungen (15, 43, 47) der Transformatoreneinrichtung (11) alle dreiphasige Wicklungen sind, und die Wechselrichtereinrichtung (21) und die Wechselrichterschalteneinrichtung (51) dreiphasige Wechselrichter sind.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

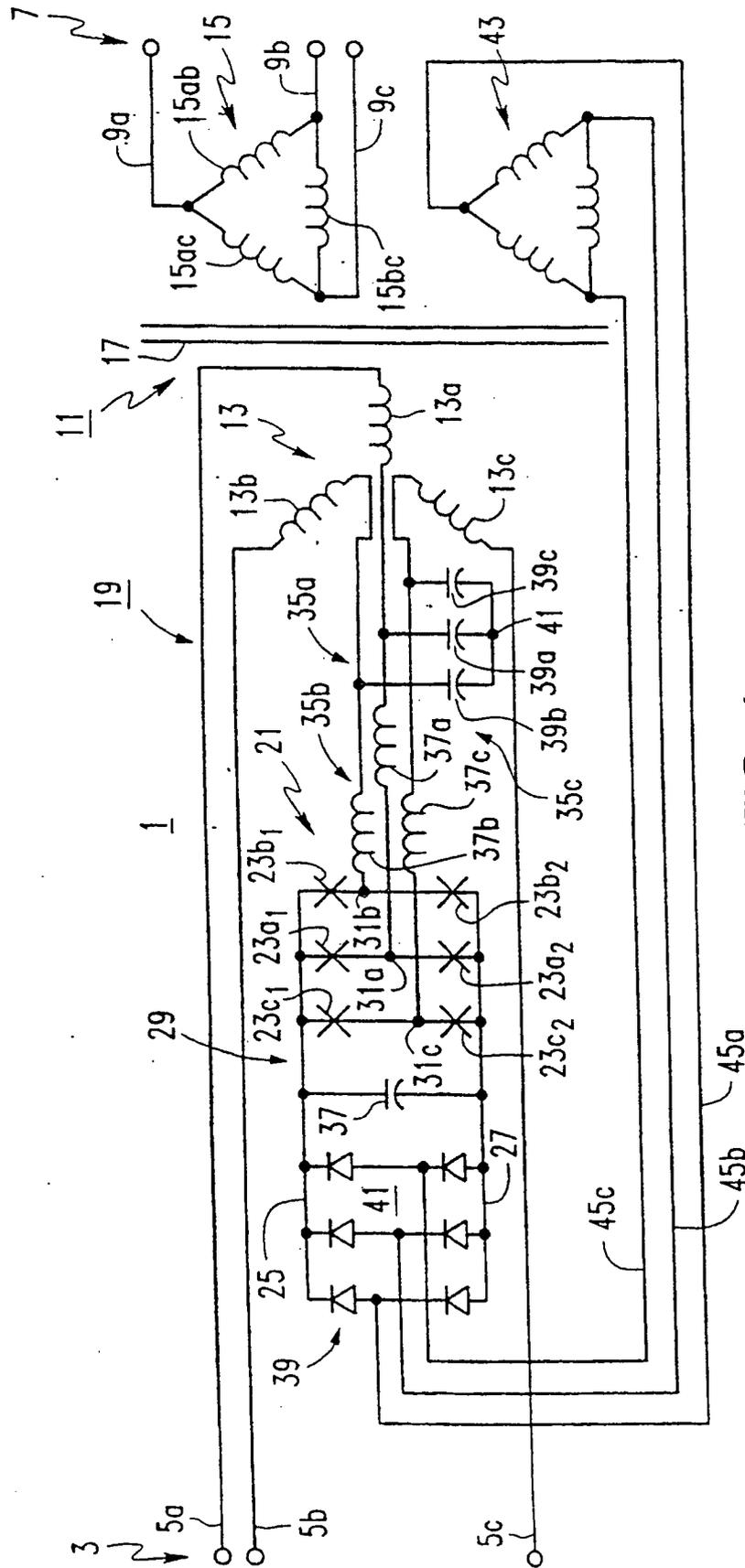


FIG. 1

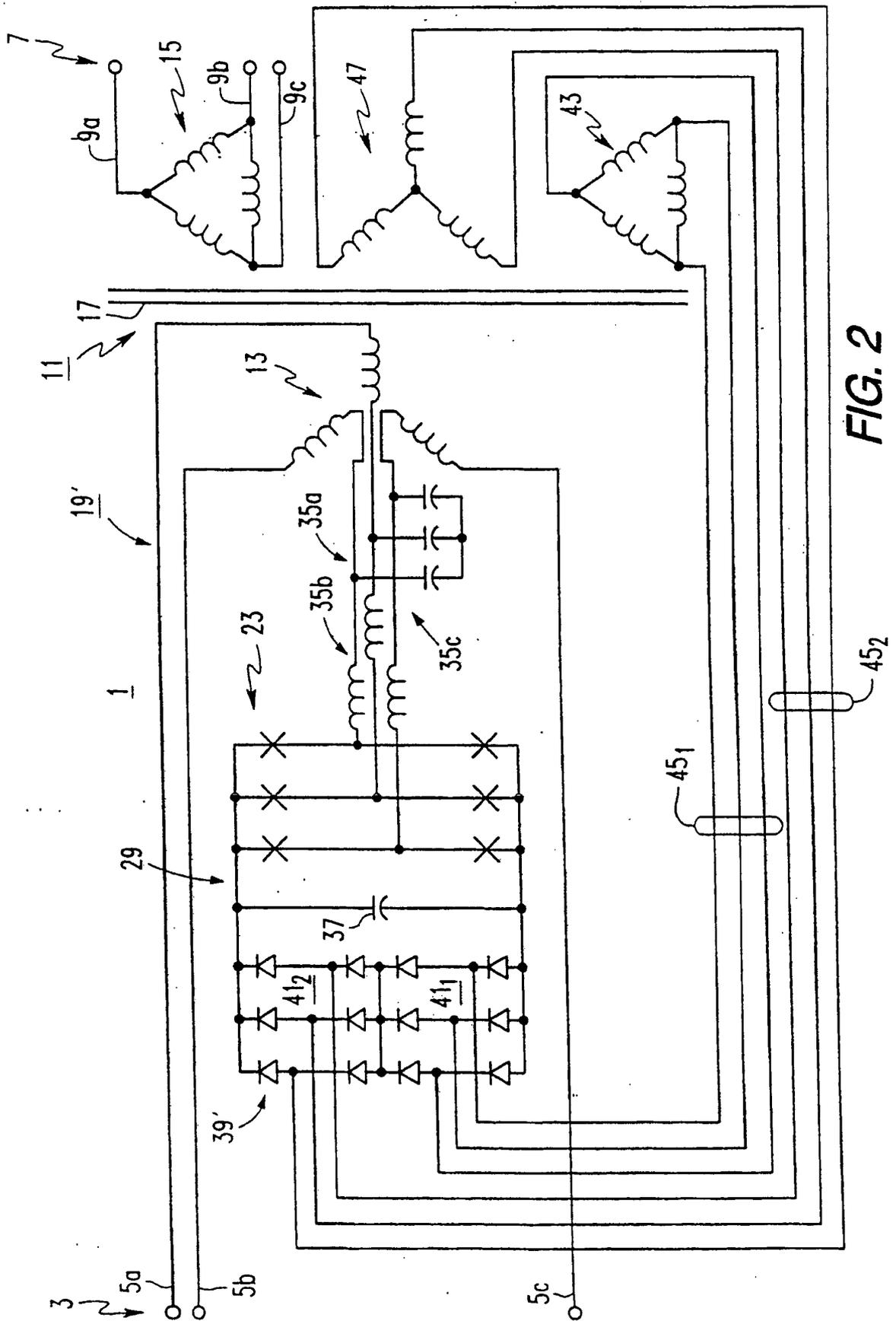


FIG. 2

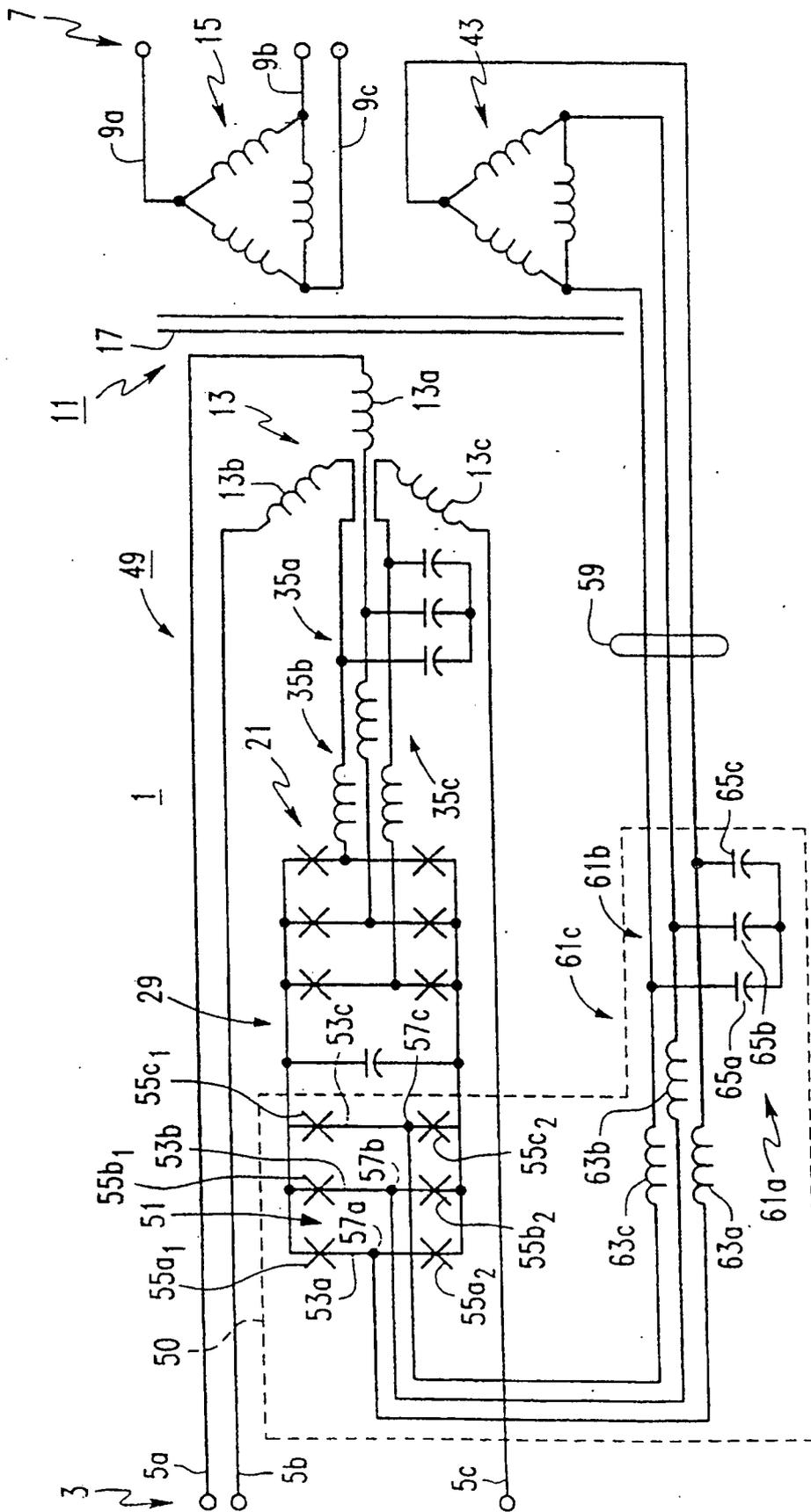


FIG. 3

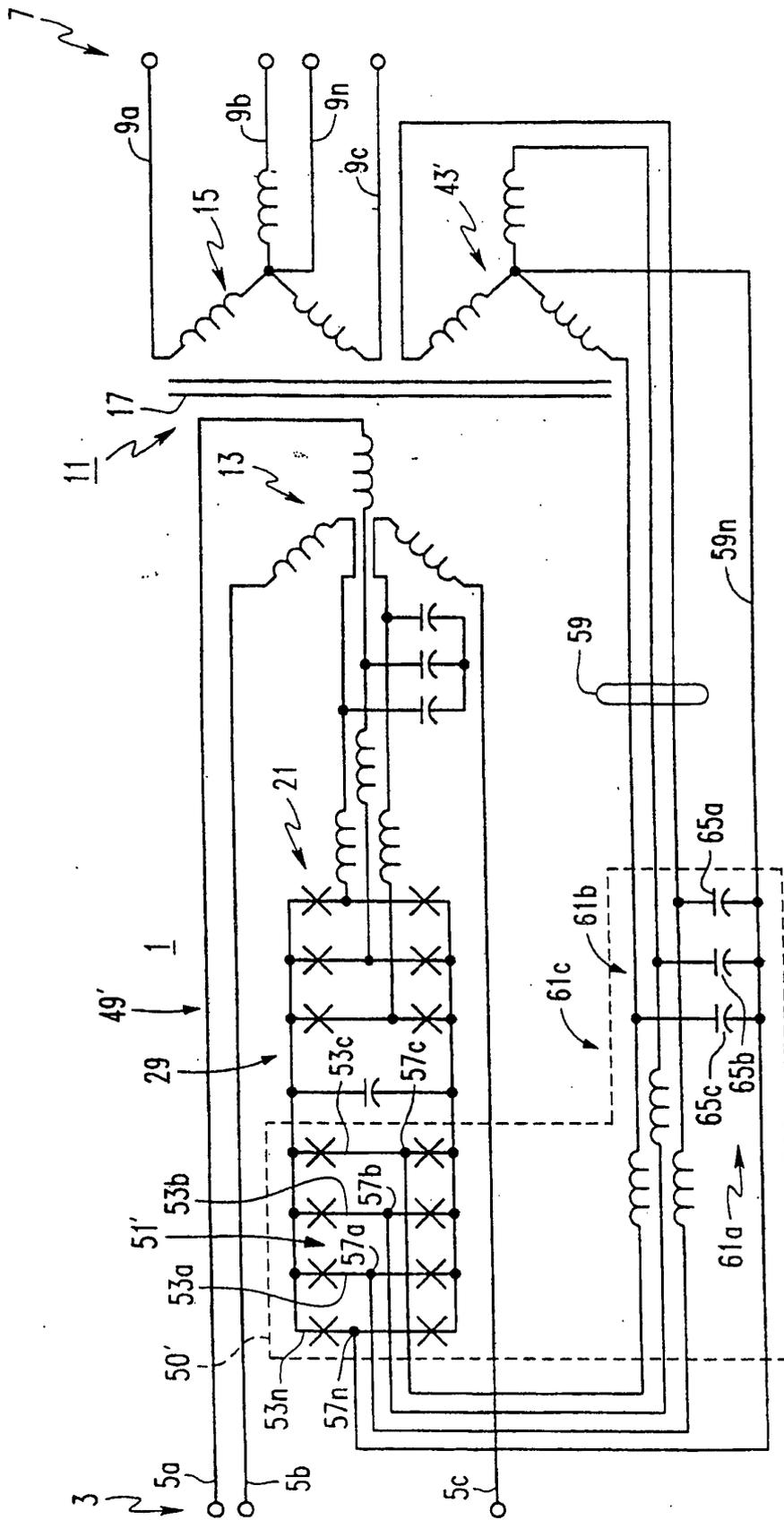


FIG. 4